

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

**PCT**  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :  
**H01M 8/24, 8/02**

**A1**

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 96/18217**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: **13. Juni 1996 (13.06.96)**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE95/01751**

(22) Internationales Anmeldedatum: **5. December 1995 (05.12.95)**

(30) Prioritätsdaten: **9. December 1994 (09.12.94)** **DE**  
**P 44 43 939.3**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):  
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG  
DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE];  
Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).**

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LEDJEFF, Konstantin  
[DE/DE]; Kleinbühlweg 6, D-79189 Bad Krozingen (DE).  
NOLTE, Roland [DE/DE]; Schwabenstrasse 28, D-79211  
Denzlingen (DE).**

(74) Anwalt: **BUTENSCHÖN, BERGMANN, NÖTH, REIT-  
ZLE, GRAMBOW, KRAUS; Mozartstrasse 17, D-80336  
München (DE).**

(81) Bestimmungsstaaten: **JP, US, europäisches Patent (AT, BE,  
CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE).**

Veröffentlicht  
*Mit internationalem Recherchenbericht.*

(54) Title: **PEM FUEL CELL WITH STRUCTURED PLATES**

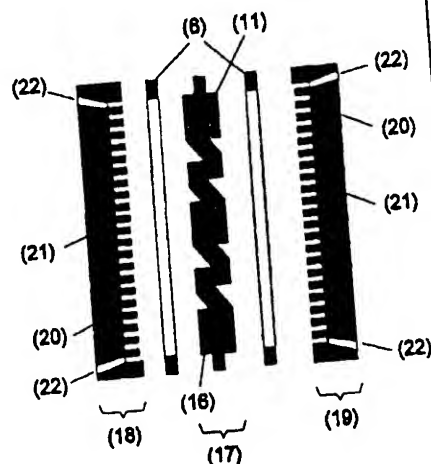
(54) Bezeichnung: **PEM-BRENNSTOFFZELLE MIT STRUKTURIERTEN PLATTEN**

(57) Abstract

The invention concerns a PEM fuel cell comprising at least one strip membrane (17) which comprises at least two and at most 10,000 flat individual cells each consisting of an electrode layer (11, 16) applied to both sides of a membrane of a polymer solid electrolyte, the individual cells being connected in series. The fuel cell further comprises plates which are bonded to both sides of this strip membrane (17) and have conductive regions (20) and non-conductive regions (21). The regions (20, 21) are designed such that short-circuits between the individual electrodes on one side of the membrane are avoided.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine PEM-Brennstoffzelle, bestehend aus mindestens einer Streifenmembran (17), die aus mindestens zwei, höchstens 10.000 flächigen Einzelzellen - jeweils aus einer beidseitig auf einer Membran aus einem polymeren Festelektrolyten aufgetragenen Elektrodenschicht (11, 16) - bestehen, wobei die Einzelzellen in Reihe geschaltet sind und beidseitig an diese Streifenmembran (17) kontaktierte Platten mit leitfähigen Bezirken (20) und nichtleitfähigen Bezirken (21), wobei diese Bezirke so ausgelegt sind, daß ein Kurzschluß zwischen den einzelnen Elektroden einer Membranseite vermieden ist.



**BEST AVAILABLE COPY**

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

5                    **PEM-Brennstoffzelle mit strukturierten  
                      Platten**

10           Die Erfindung betrifft ein PEM-Brennstoffzelle, die  
             aus Streifenmembranen und beidseitig an die Membrane  
             kontaktierte Platten besteht, wobei die Platten leit-  
             fähige und nichtleitfähige Bezirke aufweisen.

15           PEM-Brennstoffzellen (Polymer Electrolyte Membrane-  
             Brennstoffzellen) sind elektrochemische Zellen, die  
             vereinfachend aus Anode, Kathode und dazwischenlie-  
             gendem polymeren Festelektrolyten bestehen. Zum Be-  
             trieb derartiger Zellen werden an beide Elektroden  
20           von außen laufend Brennstoffe herangeführt, die dort  
             elektrochemisch umgesetzt werden, so daß an den Elek-  
             troden eine Spannung abgegriffen werden kann. Es ist  
             nun aber unmöglich, die gesamte zugeführte chemische  
             Energie umzuwandeln. Stets geht beim Betrieb der

Brennstoffzelle ein gewisser Anteil als Wärme verloren. Insbesondere Brennstoffzellen mit höherer Leistung erfordern deshalb Maßnahmen zur Wärmeabfuhr. Dies erfolgt nach dem Stand der Technik durch elektrisch leitfähige Wärmeaustauscherplatten, die von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden (Literatur: A.J. Appley, E.B. Yeager, Energy 11, 137-152 [1986]).

Dabei stehen beide Seiten der Membran-Elektroden-Einheit mit den elektrisch leitfähigen Platten in Kontakt, wobei zum Erreichen der Zelldichtigkeit dazwischenliegende Dichtungsringe verwendet werden. Die leitfähigen Platten sind als Wärmeaustauscher konzipiert, d.h. sie enthalten Kanäle durch die eine Kühlflüssigkeit strömt. Die Kühlflüssigkeit wird dabei über in der Platte vorhandene Öffnungen ein- und ausgespeist. Des weiteren sind in den elektrisch leitfähigen Platten Zu- und Abfuhrkanäle für die Brennstoffe integriert, wobei die Brennstoffe dann über geeignete Strukturen an die Elektroden herangeführt werden. Für einen solchen Brennstoffzellenaufbau nach Stand der Technik ist es nun aber notwendig, daß die Platten aus elektrisch leitfähigem Material bestehen, da jede Platte auf die jeweilige Elektrodenfläche drücken muß, um den elektrischen Anschluß der Zelle nach außen darzustellen. Im Falle einer Stackbauweise können die Platten auch als bipolare Platten ausgeführt werden.

Zur Erreichung höherer Leistungen und besonders zur Erreichung einer höheren Spannung ist es auch bekannt, mehrere Membran-Elektroden-Einheiten, wie vorstehend beschrieben, zu einem sogenannten Brennstoffzellenstack zusammenzuschalten (US 4,175,165 "Fuel cell system utilizing ion exchange membranes and bio-

polar plates"). Dazu wurden bisher eine Vielzahl solcher, wie vorstehend beschriebener, Zellen separat aufgebaut, hintereinander angeordnet und elektrisch in Reihe verschaltet, so daß sich die Spannungen der Einzelzellen addieren. Der konstruktionstechnische Aufwand einer derartigen Reihenschaltung ist jedoch sehr hoch, da jede Membran-Elektroden-Einheit eine separate Brennstoffversorgung aufweisen muß. Dadurch resultiert ein sehr hoher konstruktionstechnischer Aufwand für diese Zellen.

Ausgehend hiervon ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine PEM-Brennstoffzelle anzugeben, die neben hohen Ausgangsspannungen, einen sehr einfachen und kostengünstigen Aufbau aufweist.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche zeigen vorteilhafte Weiterbildungen auf.

Erfindungsgemäß wird somit vorgeschlagen eine PEM-Brennstoffzelle aus sogenannten Streifenmembranen und daran beidseitig kontaktierten Platten aufzubauen. Die Platten sind dabei so ausgelegt, daß sie sowohl leitfähige und nichtleitfähige Bezirke aufweisen, wobei diese Bezirke so angeordnet sind, daß ein Kurzschluß zwischen den einzelnen Elektroden einer Membranseite vermieden wird. Erfindungswesentlich ist somit die Verwendung von neuartigen Streifenmembranen und deren Kontaktierungen mit Platten, die so ausgebildet sind, daß sie sowohl leitfähige wie auch nichtleitfähige Bezirke aufweisen. Die erfindungsgemäßen Platten dienen dabei gleichzeitig als Wärmeaustauscher und als Brenngaszufuhr-Einrichtung. Dadurch lassen sich nun PEM-Brennstoffzellen mit einem ein-

fachen Aufbau und einer hohen Ausgangsspannung realisieren. Die Spannung läßt sich dabei noch einmal steigern, wenn sogenannte Brennstoffzellenstacks durch Hintereinanderschalten von mehreren Streifenmembranen mit dem vorbeschriebenen Aufbau realisiert werden. Erfindungsgemäß ist es weiterhin möglich, nicht einzelne Streifenmembrane, sogenannte eindimensionale Streifenmembrane, einzusetzen, sondern mehrere dieser Streifenmembrane parallel zu sogenannten zweidimensionalen Streifenmembranen anzuordnen. Die zweidimensionalen Streifenmembrane können dabei so aufgebaut sein, daß entweder die einzelnen Streifenmembrane parallel zueinander angeordnet sind und durch die erfindungsgemäßen Platten parallel verschaltet sind, oder daß die einzelnen Streifenmembrane parallel hintereinander angeordnet sind und hintereinander in Reihe geschaltet sind. Dadurch läßt sich eine nochmalige Steigerung der Spannung realisieren.

Die erfindungsgemäß eingesetzte Streifenmembran besteht aus speziell verschalteten Einzelzellen. Zum einen ist es dabei möglich, daß die Einzelzellen entweder über elektronisch leitfähige Bezirke (Anspruch 21) oder durch eine treppenförmige Anordnung (Anspruch 20) in Reihe verschaltet werden.

Für die erste Ausgestaltung der Streifenmembrane erfolgt die Verschaltung in der Weise, daß flächig nebeneinander angeordnete Bezirke mit unterschiedlicher Leitfähigkeit vorgesehen sind.

Ein Bezirk wird dabei durch die Einzelzelle selbst gebildet. Die Einzelzelle besteht dabei, um die Ionenleitfähigkeit zu gewährleisten, aus einem ionen-

leitfähigen Material. Dazu werden polymere Festelektrolyten in Form von Membranen eingesetzt. Da entweder Kationen oder Anionen transportiert werden müssen, muß die Membrane entweder für Kationen oder für Anionen permeabel sein. Die Ionenleitfähigkeit ist dabei in wässriger Umgebung für kationenleitende Polymere im allgemeinen dann gegeben, wenn im Polymer fest verankerte, d.h. im allgemeinen durch chemische Bindung verankerte Carbonsäuregruppen und/oder Sulfonsäuregruppen und/oder Phosphonsäuregruppen vorhanden sind. Für anionenleitende Polymer ist die Ionenleitfähigkeit insbesondere dann gegeben, wenn das Polymer Aminogruppen, quartäre Ammoniumgruppen oder Pyridiniumgruppen enthält. Die Fähigkeit der Ionenleitfähigkeit wird bei den bisher beschriebenen Möglichkeiten dadurch erzeugt, daß in der Membran fest verankerte Ionen existieren oder bei Quellung in Wasser erzeugt werden.

Beispiele für kationenleitende Polymere dieses Typs sind sulfonierte Polysulfone, Polyethersulfone oder auch Polyetherketone.

Die Dicke der Membran kann dabei im Bereich zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 1 mm, bevorzugt im Bereich von 10  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  liegen. Die Flächen der Membran für die Einzelzelle richten sich dabei nach der geforderten Leistung des Stacks. Die Flächen können im Bereich von 1  $\text{mm}^2$  bis 1 000 000  $\text{mm}^2$  liegen, bevorzugt im Bereich von 100 bis 10 000  $\text{mm}^2$ .

Um die Funktion als Einzelzelle zu ermöglichen, sind nun die vorstehend beschriebenen Membranen beidseitig mit Elektrodenmaterial beschichtet. Da an den Elektroden die elektrochemischen Umsetzungen der Zelle

erfolgen, können die Elektroden entweder selbst aus dem Material bestehen, das elektrochemisch umgesetzt wird, oder aus Material, welches die elektrochemische Umsetzung katalysiert. Das Material muß elektronisch leitfähig sein und besteht insbesondere aus Metallen, Metalloxiden, Mischoxiden, Legierungen, Kohlenstoff, elektronisch leitfähigen Polymeren oder Mischungen hieraus.

Die Materialien können Zusatzstoffe enthalten, die der Einstellung von Hydrophilie, Hydrophobie dienen. Damit können die Elektrodenschichten beispielsweise mit wasserabweisenden Eigenschaften ausgestattet werden. Weiter sind Zusatzstoffe möglich, die die Einstellung einer gewissen Porosität erlauben. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn gasförmige Stoffe katalytisch an den Elektroden umgesetzt werden, wobei ein Dreiphasenkontakt zwischen Gas, Katalysator und ionenleitfähigem Bezirk erforderlich ist. Weiter können sog. Binder zugemischt werden, die die stabile und funktionsfähige Anbindung der Elektrode an den ionenleitenden Bezirk erleichtert.

Diese so aufgebaute Einzelzelle wird nun mit Hilfe von flächigen elektronisch leitfähigen Bezirken mit anderen Einzelzellen elektrisch in Reihe geschaltet.

Die elektronenleitenden Bezirke haben die Aufgabe, eine elektronische Leitfähigkeit zwischen jeweils einer Elektrodenfläche einer Einzelzelle und der auf der anderen Seite der Membran angeordneten Elektrodenfläche der nächsten Einzelzelle herzustellen.

Für die elektronisch leitfähigen Bezirke werden Materialien verwendet, die anstelle der Ionenleitfähig-



keit der Einzelzelle nun eine Elektronenleitfähigkeit aufweisen. Die Funktion der Streifenmembran ist dabei unabhängig von bestimmten Polymermaterialien für die elektronenleitenden Bezirke, so lange die Fähigkeit der Materialien zur Elektronenleitfähigkeit gegeben ist. Die Elektronenleitfähigkeit bei polymeren Materialien kann erreicht werden, indem Polymere eingesetzt werden, die von ihrem molekularen Aufbau her befähigt sind, Elektronenleitfähigkeit zu erreichen, wie dies z.B. bei Polyacetylen oder Polythiophenen der Fall ist.

Die Elektronenleitfähigkeit kann auch erzeugt werden, indem ein gewisser Anteil leitfähiger Substanzen zu einem nichtleitenden Polymer zugemischt wird. Bei den leitfähigen Substanzen handelt es sich insbesondere um Leitfähigkeitsruß, Graphit, Kohlenstoff-Fasern, Partikel oder Fasern von elektronisch selbst leitfähigen Polymeren, Metallteilchen, -flocken oder -fasern oder metallisierte Trägermaterialien.

Die Polymere können Zusatzstoffe zur Veränderung des Quellverhaltens in Wasser enthalten. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Membran in wäßrige Umgebung eingesetzt wird. Hier quellen mit geladenen Gruppen versehene, ionisch leitfähige Bezirke der Membran, was sich in einer Änderung der geometrischen Maße bemerkbar macht. Andere Bezirke, die nicht mit geladenen chemischen Gruppen versehen sind, quellen dagegen kaum, so daß sich mechanische Spannungen an den Grenzflächen beider Schichten ergeben. Um dies zu vermeiden, kann den nicht mit geladenen Gruppen versehenen Bezirken ein Zusatzstoff beigemischt werden, der das Quellungsverhalten beider anpaßt.

Erfindungswesentlich ist nun, daß die vorstehend beschriebenen Einzelzellen über die elektronisch leitfähigen Bezirke in Reihe geschaltet werden. Dazu wird entweder die untere Elektrodenfläche einer Membran einer Einzelzelle über die elektronisch leitfähigen Bezirke mit der folgenden Einzelzelle, und zwar hier mit der oberen Elektrodenfläche verbunden. Umgekehrt ist es natürlich genauso möglich, daß die obere Elektrodenfläche einer ersten Einzelzelle über den elektronisch leitfähigen Bezirk mit der unteren Elektrodenfläche der nächsten Einzelzelle verbunden wird.

Bei einem derartigen Aufbau grenzen die elektrodenbeschichteten ionisch leitfähigen Bezirke (die einer Einzelzelle entsprechen) direkt an die elektronisch leitfähigen Bezirke. Um zu vermeiden, daß an dieser Grenze die beschichtete Ober- und Unterseite des ionisch leitfähigen Bezirks durch die elektronisch leitfähigen Bezirke kurzgeschlossen werden, was den Ausfall der Einzelzelle bedeutet, dürfen die Elektrodenbeschichtungen nicht bis an den Rand des ionisch leitfähigen Materials aufgebracht sein. Es darf jeweils nur die obere oder die untere Elektrodenbeschichtung einer Einzelzelle mit dem benachbarten elektrisch leitfähigen Bezirk elektrisch leitfähig verbunden sein. Dies wird erreicht, in dem auf der einen Seite des Ionenleitenden Bezirks der Bereich zwischen Elektrodenbeschichtung und elektronisch leitfähigem Bezirk mit elektronisch leitfähigen Strukturen beschichtet wird, so daß eine wie oben beschrieben definierte elektrische Verschaltung der einzelnen Membranbezirke möglich wird. Das hierzu verwendete Material besteht entweder aus den unter Materialien für die elektronisch leitfähigen Bezirke oder aus dem unter den Materialien für die Elektro-

denbeschichtung der Membran beschriebenen Materialien.

5       Dadurch wird nun eine In-Reihe-Schaltung der einzelnen Einzelzellen über die elektronisch leitfähigen Bezirke erreicht. Die Abmessungen des elektronisch leitfähigen Bezirks entsprechen dabei in Dicke und Breite in etwa denen der Einzelzelle, so daß insgesamt eine flächige Streifenmembran entsteht, die aus  
10       periodisch wiederholten Bezirken, nämlich einerseits aus der Einzelzelle und andererseits aus den elektronisch leitfähigen Bezirken besteht.

15       Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird nun vorgeschlagen, daß zwischen den Einzelzellen und den elektronisch leitfähigen Bezirken Isolationsbezirke angeordnet sind. Die Abmessungen (Dicke, Breite) entsprechen dabei in etwa denen der Einzelzelle bzw. des leitenden Bezirks.

20       Diese Bezirke dienen zur elektrischen Isolation zwischen den unterschiedlich leitfähigen Bezirken. Sie bestehen deshalb aus sowohl ionisch als auch elektronisch nicht leitfähigem Polymermaterial. Die  
25       Funktion der Streifenmembran ist dabei unabhängig von bestimmten Polymermaterialien für die nichtleitenden Bezirke, so lange die Materialien weder ionen- noch elektronenleitend sind. Es kommen deshalb solche Polymermaterialien zum Einsatz, die weder unter die  
30       Kategorie "Materialien für die ionenleitfähigen Bezirke der Membraneinheiten" noch unter die Kategorie "Materialien für die elektronisch leitfähigen Bezirke" fallen.

Beim Aufbau der Membran mit Isolationsbezirken können im Gegensatz zum Aufbau ohne Isolationsbezirke die Elektrodenbeschichtungen die gleiche Fläche besitzen wie die ionenleitenden Membranen.

5

Zur In-Reihe-Schaltung bei dieser Ausgestaltung der Erfindung muß dann gewährleistet sein, daß eine Verbindung über die elektronisch leitfähigen Bezirke mit der unteren bzw. oberen Elektrodenfläche der Einzelzellen gewährleistet ist. Dies wird dadurch ermöglicht, daß die Streifenmembran in bestimmten Bereichen, und zwar auf der oberen bzw. unteren Membranfläche des Isolationsbezirks mit elektronisch leitfähigen Strukturen beschichtet wird, so daß eine definierte elektrische Verschaltung der einzelnen Membranbezirke möglich wird, und zwar in der Weise, daß jeweils eine Elektrodenfläche einer Einzelzelle mit der auf der anderen Seite der Membran angeordneten Elektrodenfläche der nächsten Einzelzelle verbunden ist. Das hierzu verwendete Material besteht entweder aus den unter Materialien für die elektronisch leitfähigen Bezirke oder aus dem unter den Materialien für die Elektrodenbeschichtung der Membran beschriebenen Materialien.

25

Eine Streifenmembran, die nach der bevorzugten Ausführungsform noch zusätzlich Isolationsbezirke aufweist, ist demnach aus sich periodisch wiederholenden Bezirken der Einzelzelle, dem Isolationsbezirk und dem elektronisch leitenden Bezirk aufgebaut. Die Streifenmembran besteht bevorzugt aus 2 bis 300 Einzelzellen.

30

Bei der Ausführungsform mit dem treppenförmigen Verhalten wird die In-Reihe-Schaltung dadurch erreicht,

35

daß die Elektrodenfläche einer Einzelzelle gleichzeitig die Aufgabedes elektronisch leitfähigen Bezirks übernimmt. Ein separater elektronisch leitfähiger Bereich entfällt in diesem Fall ebenso wie Isolationsbezirke. Um eine In-Reihe-Schaltung zweier Einzelzellen in diesem Fall zu gewährleisten, überlappen die Zellen derart, daß der Randbereich einer Elektrodenfläche der ersten Einzelzelle direkt mit dem Randbereich der Elektrodenfläche auf der anderen Membranseite der nächsten Einzelzelle elektronisch leitend verbunden ist. Es entsteht in diesem Fall eine Streifenmembran, bei der die einzelnen Einzelzellen treppenförmig überlappend aneinandergereiht sind. Der Aufbau der Einzelzelle entspricht der vorstehend beschriebenen Art.

Die, wie vorstehend beschriebene, Streifenmembran kann nun, wie bereits einleitend ausgeführt, entweder als sogenannte eindimensionale Streifenmembran eingesetzt werden oder in Form einer sogenannten zweidimensionalen Streifenmembran. Erfindungsgemäß werden nun mit diesen eindimensionalen bzw. zweidimensionalen Streifenmembranen entsprechende Brennstoffzellen bzw. Brennstoffzellenstacks aufgebaut.

Für den Fall der Verwendung einer eindimensionalen Streifenmembran bzw. einer zweidimensionalen Streifenmembran der vorstehend beschriebenen Art fungieren dann die Platten als Endplatten. Bei der zweidimensionalen Streifenmembran, bei der die einzelnen Streifen parallel angeordnet sind, erfolgt die Parallelschaltung der einzelnen Streifen zueinander durch die Endplatten selbst. In diesem Falle sind dann die elektrisch leitfähigen Bezirke so ausgebildet, daß sie jeweils nur die letzten Elektroden der

5       jeweiligen einzelnen Streifenmembranen zueinander elektrisch leitend verbinden. Für den Fall eines Brennstoffzellenstacks fungieren dann die Platten zum einen als mittelständige Platten und zum anderen wieder als Endplatten in der vorstehend beschriebenen Weise.

10       Die erfindungsgemäß eingesetzten Endplatten bzw. mittelständigen Platten können dabei auf verschiedene Weise aufgebaut sein. So ist es zum einen möglich, daß ein elektrisch leitfähiger Grundkörper verwendet wird. In diesem elektrisch leitfähigem Grundkörper wird dann auf der der Membran zugewandten Seite ein gewisses Materialstück durch ein nichtleitfähiges  
15       Material ersetzt. Es wird also von einem leitfähigen Bauteil und einem nichtleitfähigen Bauteil ausgegangen, das mittels geeigneter Verbindungstechniken (z.B. Kleben, Schweißen oder andere vergleichbare Techniken) zu einer strukturierten Platte, z.B. End-  
20       platte, dauerhaft und dicht verbunden werden. Wesentlich dabei ist, daß nur die erste bzw. letzte Elektrode der Streifenmembran mit dem elektrisch leitfähigen Bauteil in Verbindung steht.

25       Eine andere Möglichkeit besteht nun darin, daß ein nichtleitender Grundkörper verwendet wird. Nur an der Stelle, die der ersten bzw. letzten Elektrode der Streifenmembran gegenübersteht, ist eine Aussparung vorhanden, in der eine leitfähige Struktur eingelegt  
30       und über geeignete Verbindungstechniken, wie vorstehend beschrieben, mit dem nichtleitenden Grundkörper dicht und dauerhaft verbunden wird. Die äußere elektrische Kontaktierung kann entweder dadurch erfolgen, daß der Grundkörper an der Stelle der Aussparung  
35       durchbohrt wird und die leitfähige Struktur von der

der Membran zugewandten Seite bis zur anderen Seite des Grundkörpers durchgeführt wird (und dort kontaktiert wird) oder dadurch, daß die Aussparung ohne durch Bohrung bis zu einem Rand des Grundkörpers hin erfolgt und die eingelegte leitfähige Struktur ebenfalls diese Länge aufweist, so daß dann dort am Rand die Kontaktierung erfolgen kann.

Alternativ zu den beiden vorstehend beschriebenen Möglichkeiten zur Herstellung der erfindungsgemäßen Platten kann auch eine Beschichtung der entsprechenden Grundkörper verwendet werden. Die Beschichtung erfolgt selbstverständlich auf der der Membran zugewandten Seite des Grundkörpers. Zur Beschichtung wird dabei die gesamte Fläche mit Ausnahme des Bereichs beschichtet, der der ersten bzw. letzten Elektrode der Streifenmembran gegenübersteht. Solche Schichten können beispielsweise mit Dünnschichttechnologien, wie Plasmapolimerisation organischer Verbindungen oder MOPECVD-Verfahren (Metal organyl plasma enhanced chemical vapor deposition) oder durch Aufsprühen und Trocknen nichtleitender Polymerlösungen erhalten werden. Selbstverständlich ist auch die umgekehrte Vorgehensweise möglich. Danach wird ein elektronisch nichtleitender Grundkörper verwendet und mit einer entsprechenden elektronisch leitenden Beschichtung versehen, so daß im Falle von mittelständigen Platten eine leitfähige Verbindung zwischen den leitfähigen Bezirken auf beiden Plattenseiten entsteht und im Falle von endständigen Platten die leitfähige Beschichtung eine äußere Kontaktierung zum Spannungsabgriff ermöglicht.

Als bevorzugte Materialien für die elektronisch leitfähigen Bereiche der strukturierten Platten kommen

insbesondere Graphit, Metalle, Metallmischungen, Legierungen oder elektronisch leitfähige Polymere infrage. Zu letzteren gehören zum einen die intrinsisch leitfähigen Polymere, wie z.B. Polyacetylen oder aber nichtleitende Polymere, die mit elektrisch leitfähigen Zusatzstoffen versehen sind. Als Zusatzstoffe vor allem Pulver, Granulate, Flocken, Faserstücke, Fasern, Netze oder Matten von Metallen, Metallmischungen, Legierungen, Graphit- oder Kohlenstofffasern infrage. Die Materialien müssen insbesondere die Arbeitsbedingungen in einer PEM-Brennstoffzelle überstehen, d.h. Kontakt mit den Brennstoffen, Wasser, auch bei Temperaturen oberhalb Raumtemperatur (typischerweise 70 bis 90° C) und sie müssen elektrochemisch stabil sein.

Als bevorzugte Materialien für die elektronisch nichtleitfähigen Bezirke der strukturierten Platten kommen nichtleitende Keramiken, oxidische Verbindungen und vor allem Kunststoffe infrage. Insbesondere Oxidations- und hydrolysestabile Konstruktionspolymere, wie beispielsweise Polymere mit aromatischem Rückgrat, wie zum Beispiel Polysulfone oder Polyetherketone.

Die Endplatten/bipolaren Platten enthalten typischerweise Strukturen, welche die Brennstoffzufuhr und -abfuhr an die Membran ermöglichen und dafür sorgen, daß sämtliche Elektroden der Streifenmembran mit Brennstoff versorgt werden. Der aus dem Stand der Technik bekannte Aufbau der Brennstoffversorgung kann im Prinzip auf die strukturierten Endplatten und strukturierten biopolaren Platten übertragen werden.



Dieser Aufbau besteht typischerweise aus einem Kanal für die Brennstoffabfuhr und einem Kanal für die Brennstoffzufuhr. Gegenüber den Elektroden der Streifenmembran enthält die Endplatte Verteilungsstrukturen, die einerseits auf die Membran drücken und andererseits Hohlräume zur Gaszufuhr an die Membranelektroden enthält. Hierbei kann es sich z.B. um parallele Kanäle oder schachbrettartig angeordnete Kanäle oder um poröse Strukturen handeln. Die Strukturen sind mit den Brennstoffzufuhrkanälen und Brennstoffabfuhrkanälen verbunden, so daß ein Brennstofffluß vom Zufuhrkanal über die Verteilungsstruktur zum Abfuhrkanal stattfinden kann.

Im Fall der Stackbauweise münden die Zufuhr- und Abfuhrkanäle in Versorgungskanäle, die durch den gesamten Stack laufen. Jede bipolare Platte enthält die entsprechenden Bohrungen, die Aneinanderreihung mehrerer Platten mit diesen Bohrungen bildet dann die beschriebenen Versorgungskanäle.

Der große Vorteil dieser Bauweise mit Streifenmembranen liegt darin, daß nur noch eine Brennstoffversorgungsstruktur für alle auf einer Streifenmembran vorhandenen Zelleneinheit vonnöten ist.

Da Brennstoffzellen während des Betriebes unter elektrischer Belastung zwangsläufig Verlustwärme produzieren, müssen bei einem Zellaufbau Möglichkeiten vorhanden sein, die überschüssige Wärme abzuführen, um eine Überhitzung der Brennstoffzelle zu verhindern.

Hierfür können die strukturierten Endplatten/bipolaren Platten Kanäle oder Hohlräume enthalten, die von

einem entsprechenden Kühlmittel, z.B. Wasser durchströmt werden, das über entsprechende Zufuhr- und Abfuhrkanäle eingespeist wird.

5 Im Fall der Stackbauweise münden die Zufuhr- und Abfuhrkanäle in Versorgungskanäle, die durch den gesamten Stack laufen. Jede bipolare Platte enthält die entsprechenden Bohrungen, die Aneinanderreihung mehrerer Platten mit diesen Bohrungen bildet dann die  
10 beschriebenen Versorgungskanäle.

Wie vorstehend beschrieben, kann die bipolare Platte auch aus zwei mit den Flachseiten aneinander angeordnete Endplatten bestehen. In diesem Fall können die  
15 Kühlungsstrukturen auch als Aussparungen in beiden Flachseiten bestehen, so daß sich nach dem Zusammengeben beider Platten dann die Kühlungskanäle ausbilden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß ein zusätzlicher elektronisch leitfähiger Kühlkörper zwischen den die bipolare Platte bildenden Endplatten  
20 eingefügt wird.

Der Vorteil dieser Bauweise mit Streifenmembranen liegt darin, daß nur noch eine Kühlstruktur für alle  
25 auf einer Streifenmembran vorhandenen Zelleinheiten vonnöten ist.

Die einzelnen Zellkomponenten, d.h. die Platten und die Streifenmembran werden gegebenenfalls mittels  
30 Dichtungen aneinandergepreßt, um die Brennstoffdichtigkeit des gesamten Zellaufbaus zu gewährleisten. Bevorzugt werden dabei die Dichtungen zwischen Streifenmembran und Platten eingesetzt. Der Aufbau der Gesamtstruktur kann beispielsweise aus den Einzelflä-

chen erfolgen, die dann mittels Klebe- oder Schweiß-  
technik dauerhaft miteinander verbunden werden.

5 Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfin-  
dung ergeben sich anhand der Zeichnungen. Hierbei zei-  
gen:

**Figur 1**  
im vertikalen Schnitt die wichtigsten Bauteile einer  
10 PEM-Brennstoffzelle nach dem Stand der Technik

**Figur 2**  
im vertikalen Schnitt den Aufbau einer erfindungsge-  
mäßigen Streifenmembran in treppenförmiger Ausführung  
15

**Figur 3**  
im vertikalen Schnitt den Aufbau einer erfindungsge-  
mäßigen Streifenmembran

20 **Figur 4**  
im vertikalen Schnitt die wichtigsten Bauteile zum  
Aufbau einer erfindungsgemäßen PEM-Brennstoffzelle

**Figur 5**  
25 zeigt in der Draufsicht den Aufbau einer zweidimen-  
sionalen Streifenmembran, wobei die einzelnen Strei-  
fenmembrane für eine redundante Parallelschaltung  
angeordnet sind

30 **Figur 6**  
zeigt in der Draufsicht den Aufbau einer zweidimen-  
sionalen Streifenmembran, wobei hier die einzelnen  
Streifenmembrane hintereinander in Reihe geschaltet  
sind

35

**Figur 7**

zeigt im vertikalen Schnitt die wichtigsten Bauteile zum Aufbau eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstacks.

5

**Figur 1** zeigt die wichtigsten Bauteile zum Aufbau einer Brennstoffzelle nach dem Stand der Technik. Diese Zellen (z.B. A.J. Appley, E.B. Yeager, Energy 11, 137-152; 1986) bestehen aus zwei aus elektronisch leitfähigem Material gefertigten Endplatten 2 und 3 sowie aus einer Membran 1 und darauf beiseitig auf-  
gebrachten Elektroden 4 und 5. Die Gasdichtigkeit wird durch Zusammenpressen der Membran 1 und der Endplatten 2, 3 mittels zweier Dichtungen 6 ermöglicht. Beim Zellaufbau nach dem Stand der Technik ist es nun so, daß die Endplatten 2 und 3 mit ihrer der der Membran 1 zugewandten Seite auf die Membran aufdrücken. Dadurch kommt ein elektrischer Kontakt zustande und die Spannung kann abgegriffen werden. Zur Zuführung des Brennstoffes sind geeignete Zu- und Abführkanäle 7 vorgesehen. Zur besseren Verteilung der Brennstoffe weisen die Endplatten 2, 3 geeignete Verteilerstrukturen 8, 9 auf.

25

**Figur 2** zeigt nun schematisch im vertikalen Schnitt den Aufbau einer erfindungsgemäßen Streifenmembran 17 in treppenförmiger Anordnung. Diese erfindungsgemäße Streifenmembran 17 besteht aus einer Anzahl von ionischleitfähigen festen Polymermembranbezirken 10, wobei jede Seite eines Membranbezirks mit einer Elektrodenstruktur beschichtet ist. Im Falle einer Wasserstoff/Sauerstoffbrennstoffzelle ist also jeder ionischleitfähige Membranbezirk 10 mit einer Wasserstoffelektrode 11 bis 13 und einer Sauerstoffelektrode 14 bis 16 beschichtet und arbeitet so als Brenn-

35

stoffzelleneinheit. Je zwei benachbarte Membranbezirke 10 sind dabei aneinandergebunden, indem die untere Elektrode des ersten Membranbezirks (14) mit der oberen Elektrode (12) des zweiten Membranbezirks 10 elektronisch leitfähig, gasdicht und dauerhaft miteinander verbunden ist. Auf diese Weise erfolgt eine membraninterne Reihenschaltung aller Brennstoffzelleneinheiten in der Membran 17 und die gesamte Spannung kann an der ersten Elektrode der oberen Membranseite (Elektrode 11) und der letzten Elektrode der unteren Membranseite (Elektrode 16) abgegriffen werden. Eine derartige Streifenmembran 17 liefert gegenüber einer Einzelzelle eine dreimal so hohe Ausgangsspannung, da sie drei beschichtete ionischleitfähige Membranbezirke enthält. Trotzdem benötigt eine solche Streifenmembran 17 nur eine Brennstoffversorgung für die obere Membranseite (Wasserstoff) und eine Brennstoffversorgung für die untere Membranseite (Sauerstoff).

Diese erfindungsgemäße Streifenmembran ist aber nun nicht in den vorstehend beschriebenen Zellaufbau nach dem Stand der Technik integrierbar. Wenn nämlich eine derartige Streifenmembran in eine herkömmliche PEM-Brennstoffzelle nach dem Stand der Technik eingebaut würde, käme es aufgrund der elektrisch leitfähigen Endplatten zum Kurzschluß. Erfindungsgemäß wird deshalb ein Aufbau gemäß Figur 4 vorgeschlagen.

Figur 3 zeigt nun ebenfalls im Schnitt eine Streifenmembran 40, wobei hier die Streifenmembran 40 in Form von hintereinander angeordneten Einzelzellen 41 aufgebaut ist. Die jeweiligen Einzelzellen 41 sind dabei durch Isolationsbezirke 42 von einander getrennt. Zwischen diesen Bezirken 42 sind rein elektronisch

leitende Bezirke 43 angeordnet. Entscheidend bei dieser Streifenmembran ist, daß die untere Elektrodenfläche 44 der ersten Einzelzelle 41 über eine elektronisch leitfähige Beschichtung 45 mit der oberen Elektrodenfläche 46 der nächsten Einzelzelle 41 in Reihe verschaltet ist. Die periodische Abfolge derartiger in Fig. 3 im Schnitt abgebildeten Einheiten bildet eine Streifenmembran.

10 Diese erfindungsgemäße Streifenmembran kann ebenso, wir vorstehend für die treppenförmige Ausgestaltung schon beschrieben, mit den erfindungsgemäßen Platten aus nichtelektronisch leitfähigem Material zu einer PEM-Brennstoffzelle aufgebaut werden.

15 **Figur 4** zeigt nun ebenfalls schematisch im vertikalen Schnitt, vergleichbar mit **Figur 1**, die wichtigsten Bauteile zum Aufbau einer erfindungsgemäßen Brennstoffzelle. Erfindungsgemäß wird somit vorgeschlagen, Streifenmembrane einzusetzen, wobei die benötigten Endplatten sowohl leitfähige wie auch nichtleitfähige Bezirke aufweisen, um einen Kurzschluß der einzelnen Elektrodenflächen einer Streifenmembran untereinander zu vermeiden. Demgemäß ist die Erfindung nicht nur auf die Streifenmembran gemäß der Ausführungsform nach **Figur 2** beschränkt, sondern grundsätzlich können alle Streifenmembrane (z.B. auch die nach **Fig. 3**) eingesetzt werden, bei denen eine Reihenschaltung von hintereinander angeordneten Einzelzellen vorliegt.

20  
25  
30  
35 Erfindungswesentlich ist demnach die Kombination von Streifenmembranen und speziell ausgestalteten strukturierten Platten. Wesentlich ist hier bei der Ausführungsform nach **Figur 3**, d.h. wenn lediglich eine eindimensionale Streifenmembran (Elektrodenanordnung in einer Richtung) eingesetzt wird, daß nur die erste

oder nur die letzte Elektrode der Streifenmembran Kontakt mit dem elektronisch leitfähigen Bezirken der Endplatte hat und alle anderen Elektroden Kontakt mit dem nichtleitfähigen Plattenbereich haben.

5

In der Ausführungsform nach Figur 3 ist die PEM-Brennstoffzelle so aufgebaut, daß zwei Endplatten 18 und 19 vorgesehen sind, die zusammen mit der Membraneinheit 17 die Zelle bilden. Die Endplatten 18 und 19 haben elektrisch leitfähige Bezirke 20 und nicht-leitfähige Bezirke 21. Diese Bezirke sind so angeordnet, daß von der Streifenmembran 17 nur die erste Elektrode 11 auf der einen bzw. die letzte Elektrode 16 auf der anderen Membranseite elektrisch Kontakt zum leitfähigen Bezirk 20 der jeweiligen Endplatten 18, 19 hat. Alle anderen Elektroden stehen nur mit isolierendem Material in Kontakt. An diesen leitfähigen Bezirken 20 der Endplatten kann dann von außen die Gesamtspannung der Streifenmembranzelle abgegriffen werden, ohne daß einzelne Zelleinheiten der Streifenmembran kurzgeschlossen werden können. Die strukturierten Endplatten 18, 19 enthalten, wie es an und für sich schon aus dem Stand der Technik bekannt war, Zu- bzw. Abführkanäle 22 für die Brennstoffe, die mittels geeigneter Strukturen auf sämtliche Elektroden einer Membranseite verteilt werden. Diese Strukturen müssen deshalb sowohl in den leitfähigen als auch in den nichtleitfähigen Bezirken der Endplatten integriert sein, um die Brennstoffversorgung sämtlicher Elektroden sicherzustellen.

30

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen Platten können dabei, wie in der Beschreibung ausführlich geschildert, entweder aus einem elektrisch leitfähigen Grundkörper und darin eingesetzten entsprechenden

35

nichtleitfähigen Bezirken oder aus einem nichtleitfähigen Grundkörper und entsprechend eingesetzten leitfähigen Bezirken bestehen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß entsprechende Grundkörper verwendet werden und dann eine Beschichtung mit einem leitfähigen oder einem nichtleitfähigen Material vorgenommen wird. Wesentlich ist in allen Fällen, daß sie jeweils nur eine elektrische Kontaktierung der ersten bzw. letzten Elektrode einer Membranseite mit der letzten bzw. ersten Elektrode der anderen Membranseite erfolgt.

Figur 5 zeigt nun in der Draufsicht schematisch den Aufbau einer erfindungsgemäßen zweidimensionalen Streifenmembran, wobei in der Ausführungsform nach Fig. 5 eine redundante Parallelschaltung vorliegt. Diese Membran besteht ebenfalls aus ionischleitfähigem Material 23, wobei die Elektrodenflächen A bis L auf beiden Elektrodenseiten sowohl waagrecht als auch senkrecht nebeneinander angeordnet sind. Die Membran nach Fig. 5 ist dabei so aufgebaut, daß drei separate Reihenschaltungen auf der Membran vorliegen und zwar sind jeweils die Zelleneinheiten A, B, C, D, die Zelleneinheiten E, F, G, H und die Zelleneinheiten I, J, K, L gemäß dem Streifenmembranprinzip intern in Reihe verschaltet. Diese interne Reihenverschaltung ist in Fig. 5 durch die Symbole 24 schematisch dargestellt, wobei beispielsweise die Verschaltung zwischen den Elektrodenflächen so zu verstehen ist, daß die obere Elektrodenfläche, z.B. B, mit der unteren Elektrodenfläche, z.B. A, membranintern elektrisch leitend verbunden ist. Auch in dieser Ausführungsform ist es möglich, daß die einzelnen Zelleinheiten durch nichtleitende Isolationsbezirke getrennt werden.



Erfindungsgemäß kann nun ebenfalls gemäß der Ausführungsform nach Fig. 4 eine PEM-Brennstoffzelle aufgebaut werden, wobei nun hier nur statt der dort beschriebenen eindimensionalen Streifenmembran die vorstehend beschriebene zweidimensionale Streifenmembran eingesetzt wird. Die erfindungsgemäßen Endplatten gemäß Fig. 3 erlauben in diesem Fall nun nicht nur, daß definierte Abgreifen der Reihenspannungen, sondern erlauben zusätzlich auf einfache Art und Weise die weitere Verschaltung der einzelnen separaten Reihenschaltungen auf der Membran. Dabei werden die drei separaten Reihenschaltungen nach Fig. 4 parallel verschaltet, so daß man eine redundante Stromversorgung erhält, da dann auch bei Ausfall einer der Reihenschaltungen die übrigen zwei weiterarbeiten können. Die Ausführungsform gemäß Fig. 5 in Verbindung mit Fig. 4 weist somit neben einer noch höheren Ausgangsspannung den Vorteil auf, daß auch bei Ausfall einer Zelleneinheit die gesamte Brennstoffzelle weiterarbeiten kann.

Figur 6 zeigt nun eine weitere Ausführungsform einer zweidimensionalen Streifenmembran wieder schematisch in der Draufsicht. Die Ausführungsform nach Fig. 6 unterscheidet sich von der Ausführungsform nach Fig. 5 dadurch, daß hier nicht die einzelnen Streifenmembranen über die Endplatten parallel geschaltet werden, sondern daß hier die einzelnen Streifenmembrane zueinander selbst wiederum über die elektrisch leitenden Verbindungen 26 in Reihe geschaltet sind. Diese Membran besteht demnach ebenfalls aus einem ionischleitfähigem Material 25, wobei alle Elektrodenflächen A bis L auf beiden Elektrodenseiten sowohl waagrecht als senkrecht nebeneinander angeordnet sind. Alle Zelleneinheiten A bis L sind hierbei, wie

oben beschrieben, in Reihe verschaltet. Die Gesamtspannung kann dann an der oberen Elektrode von Einheit A und der unteren Einheit von Einheit L abgenommen werden. Auch in dieser Ausführungsform ist es  
5 möglich, daß die einzelnen Zelleinheiten durch nichtleitende Isolationsbezirke getrennt werden. Der Spannungsabgriff erfolgt wieder mit den vorstehend beschriebenen Endplatten, z.B. gemäß Ausführungsform nach Fig. 4.

10

Figur 7 zeigt nun schematisch im vertikalen Schnitt die wichtigsten Bauteile zum Aufbau einer erfindungsgemäßen PEM-Brennstoffzelle in Stackbauweise.

15

Dazu wird die erfindungsgemäße Streifenmembran anstatt der üblichen einfachen Membranelektrodeneinheiten eingesetzt. Die Ausführungsform nach Fig. 7 besteht beispielhaft aus zwei Streifenmembranen 27 und 28, die mittels einer bipolaren Platte 29 und zwei  
20 Endplatten 30 und 31 zu einem Brennstoffzellenstack aufgebaut werden kann. Die Streifenmembranen 27, 28 sind mittels einer strukturierten bipolaren Platte 29 miteinander verbunden. Die Gesamtzellspannung wird an den strukturierten Endplatten 30, 31 abgegriffen.

25

Wesentlich im Aufbau der strukturierten bipolaren Platte 29 ist, daß sie auf beiden Plattenseiten elektrisch leitfähige Bezirke 32 und nichtleitfähige Bezirke 33 aufweist. Die Bezirke sind so angeordnet, daß von den jeweils angrenzenden Streifenmembranen  
30 27, 28 nur die erste bzw. letzte Elektrode elektrischen Kontakt zum leitfähigen Bereich 32 der bipolaren Platte 29 hat. Alle anderen Elektroden stehen nur mit isolierendem Material in Kontakt. Die leitfähigen Bezirke 32 auf beiden Seiten der bipolaren Platte 29  
35 müssen elektrisch leitfähig verbunden sein. Der Auf-

bau der Endplatten 30, 31 entspricht dabei bereits dem beschriebenen Aufbau der einfachen PEM-Brennstoffzelle in der Ausführungsform nach Fig. 4.

5 Die strukturierte bipolare Platte 29 enthält (nicht abgebildet) auf beiden Seiten wieder entsprechende Zu- bzw. Abführkanäle für die Brennstoffe, die dann auf beiden Plattenseiten mittels geeigneter Strukturen (z.B. Kanäle, Kanalgitter oder ähnliches) auf  
10 sämtliche Elektroden der jeweils angrenzenden Membranseite verteilt werden. Diese Strukturen müssen wieder sowohl in den leitfähigen als in den nicht-leitfähigen Bezirken der bipolaren Platte 29 integriert sein, um die Brennstoffversorgung sämtlicher  
15 Elektroden sicherzustellen.

Der Aufbau sowohl der bipolaren Platte 29 wie auch der Endplatten 30, 31 entspricht dem in Fig. 4 und kann demnach sowohl aus elektrisch leitenden Grundkörpern bzw. elektrisch nichtleitenden Grundkörpern  
20 gefertigt sein.

Analog der Ausführungsform nach Fig. 4 ist es selbstverständlich beim Brennstoffzellenstack auch möglich,  
25 die eindimensionale Streifenmembran durch die in Fig. 5 und 6 beschriebene zweidimensionale Streifenmembran zu ersetzen. Dazu ist es nur erforderlich, daß dann die entsprechenden bipolaren Platten bzw. Endplatten entsprechend strukturiert sind, um sowohl  
30 einen Spannungsabgriff bei den Endplatten, wie eine elektrischleitfähige Verbindung der einzelnen Streifenmembrane durch die bipolaren Platten zu gewährleisten.

**Patentansprüche**

1. PEM-Brennstoffzelle, bestehend aus mindestens  
einer Streifenmembran (17, 40, 27, 28), die aus  
5 mindestens zwei, höchstens 10.000 flächigen Einzelzellen - jeweils aus einer beidseitig auf  
einer Membran (10, 23, 25) aus einem polymeren  
Festelektrolyten aufgebrachtten Elektroden-  
schicht (11 bis 13, 14 bis 16, 44, 46) - beste-  
10 hen, wobei die Einzelzellen in Reihe geschaltet  
sind und beidseitig an diese Streifenmembran  
(17, 40, 27, 28) kontaktierte Platten (18, 19,  
29, 30, 31) mit leitfähigen Bezirken (20, 32)  
und nichtleitfähigen Bezirken (21, 33), wobei  
15 diese Bezirke so ausgelegt sind, daß ein  
Kurzschluß zwischen den einzelnen Elektroden  
einer Membranseite vermieden ist.
2. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 1,  
20 dadurch gekennzeichnet, daß eine Streifenmembran  
(17, 40) eine eindimensionale Streifenmembran  
bildet und daß die Platten als Endplatten  
(18, 19) fungieren, wobei jeweils nur die letzte  
oder die erste Elektrode einer Membranseite mit  
25 dem leitfähigen Bezirk (20) Kontakt hat.
3. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß 2 bis 2.000 Strei-  
fenmembranen (17, 40) parallel angeordnet sind  
30 und eine zweidimensionale Streifenmembran bil-  
den, und daß die Platten als Endplatten (18, 19)  
fungieren, wobei jeweils alle ersten oder alle  
letzten Elektrode einer Membranseite mit den  
leitfähigen Bezirken (20) Kontakt haben, so daß  
35 eine redundante Parallelschaltung entsteht.

4. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß 2 bis 2.000 Strei-  
fenmembranen (17, 40) parallel angeordnet sind  
und eine zweidimensionale Streifenmembran bil-  
den, wobei die einzelnen Streifenmembrane unter-  
einander durch gesonderte elektrisch leitfähige  
Verbindungen (24) in Reihe geschaltet sind, und  
daß die Platten als Endplatten (18, 19) fungie-  
ren, wobei nur die erste oder die letzte  
Elektrode einer Membranseite mit den leitfähigen  
Bezirken (20) Kontakt hat.
5. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß zwei bis 2000 ein-  
zelne Streifenmembrane (17, 40) (eindimensionale  
Streifenmembrane) zu einem Brennstoffzellen-  
Stack aufgebaut sind, und daß die Platten als  
mittelständige Platten (29) wie auch als End-  
platten (30, 31) fungieren, wobei nur die erste  
oder die letzte Elektrode einer Membranseite mit  
den leitfähigen Bezirken (32) Kontakt hat.
6. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß 2 bis 2.000 Strei-  
fenmembrane (17, 40) parallel angeordnet sind  
und eine zweidimensionale Streifenmembran bilden  
und daß 2 bis 2.000 dieser zweidimensionalen  
Streifenmembrane zu einem Brennstoffzellen-Stack  
aufgebaut sind und daß die Platten als mittel-  
ständige Platte (29) und als Endplatten (30, 31)  
fungieren, wobei jeweils alle ersten bzw. alle  
letzten Elektroden einer Membranseite mit den  
leitfähigen Bezirken (32) Kontakt haben, so daß  
für jede Zelle eine redundante Parallelschaltung  
entsteht.

7. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß 2 bis 2.000 Strei-  
fenmembrane (17, 40) parallel angeordnet sind  
und eine zweidimensionale Streifenmembran bil-  
den, wobei die einzelnen Streifenmembrane einer  
5 zweidimensionalen Membran untereinander durch  
gesonderte elektrisch leitfähige Verbindungen  
(26) in Reihe geschaltet sind und daß 2 bis  
2.000 dieser zweidimensionalen Membran zu einem  
10 Brennstoff-Stack aufgebaut sind und daß die  
Platten als mittelständige Platten (29) und als  
Endplatten (30, 31) fungieren, wobei nur die  
erste bzw. die letzte Elektrode einer Membran-  
seite mit den leitfähigen Bezirken (32) Kontakt  
15 hat.
8. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der  
Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (18, 19,  
20 30, 31) aus einem elektrisch leitfähigen Grund-  
körper bestehen, in den an den entsprechenden  
Stellen elektrisch nicht leitfähige Bezirke in-  
tegriert sind.
9. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß die nichtleitfähigen  
25 Bezirke durch Beschichtung mit einem nichtleit-  
fähigen Material aufgebracht sind.
10. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der  
Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (18, 19,  
30 30, 31) aus einem nichtleitfähigen Grundkörper  
bestehen und an den geeigneten Stellen elek-  
trisch leitfähige Bezirke integriert sind.  
35

11. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähigen Be-  
zirke durch Beschichten mit einem leitfähigen  
Material aufgebracht sind.
- 5
12. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der  
Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Material für die  
elektrisch leitfähigen Bezirke (20, 32) für die  
10 Platten ausgewählt ist aus Graphit, Metallen,  
Metallmischungen, Legierungen oder elektronisch  
leitfähigen Polymeren.
13. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähigen Po-  
lymere entweder intrinsisch leitfähige Polymere  
oder nichtleitfähige Polymere mit elektrisch  
leitfähigen Zusatzstoffen sind.
- 15
14. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzstoffe  
ausgewählt sind aus elektrisch leitfähigen Pul-  
vern, Granulaten, Flocken, Faserstücken, Fasern,  
Netzen oder Matten von Metallen, Metallmischun-  
gen, Legierungen, Graphit oder Kohlenstoff.
- 20
15. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der  
Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Material für die  
elektrisch nichtleitfähigen Bezirke (21, 33)  
ausgewählt ist aus Keramiken, oxidischen Verbin-  
dungen und Kunststoffen.
- 25
16. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 15,
- 30

dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffe Polysulfone oder Polyetherketone sind.

- 5 17. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (18, 19, 30, 31) auf der der Streifenmembran (17, 27, 28, 40) zugewandten Seite Brennstoffverteilungsstrukturen aufweisen.
- 10 18. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (18, 19, 29, 30, 31) Kanäle und/oder Hohlräume für den Kühlmittelfluß aufweisen.
- 15 19. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Platten (18, 19, 29, 30, 31) und den Streifenmembranen (17, 27, 28, 40) Dichtungen (6) angeordnet sind.
- 20 20. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifenmembran (17) aus Einzelzellen besteht, die treppenförmig unter teilweiser Überlappung ihrer Elektrodeflächen (11 bis 13, 14 bis 16) verbunden ist.
- 25 21. PEM-Brennstoffzelle nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifenmembrane (40) aus Einzelzellen (41) besteht, wobei jeweils eine Elektrodenfläche (44) einer Einzelzelle (41) über einen flächigen elektronisch
- 30 35

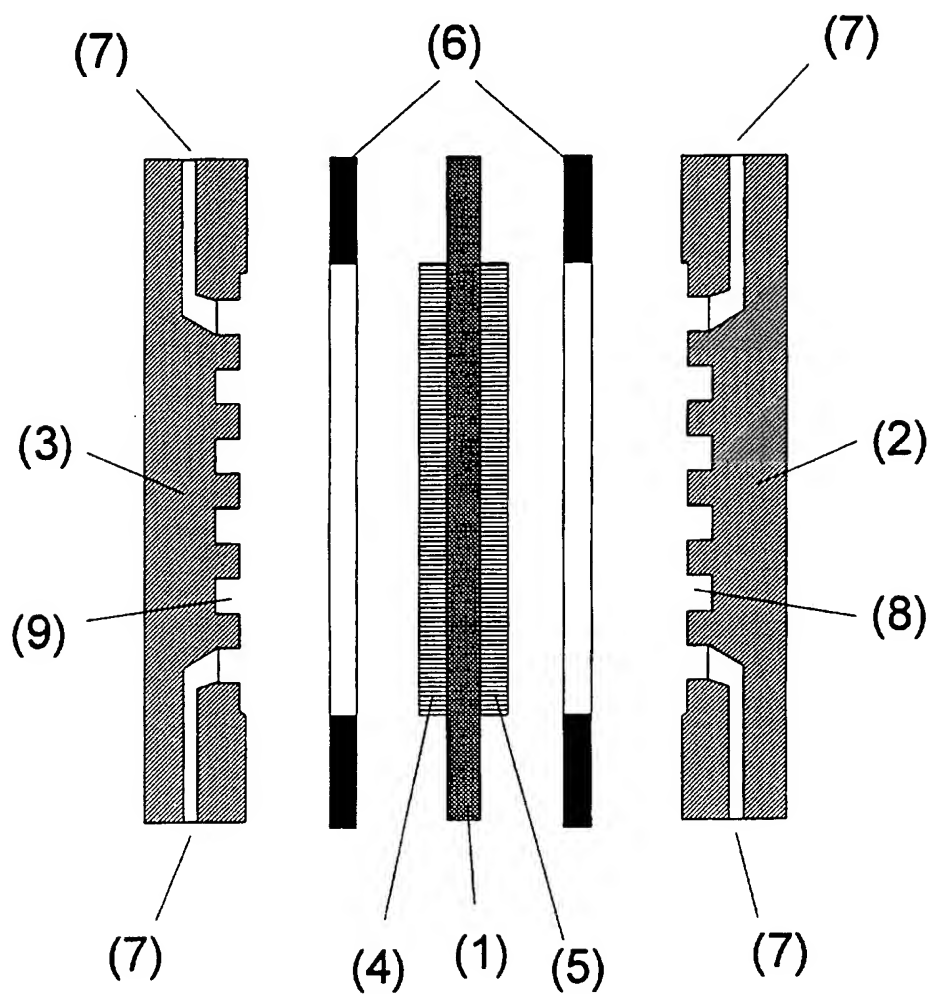


leitfähigen Bezirk (43) mit der auf der anderen Seite der Membran angeordneten Elektrodenfläche (46) der nächsten Einzelzelle (41) verbunden ist.

- 5      22. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den flächigen Einzelzellen (41) und den flächigen elektro-nischleitfähigen Bezirken (43) ein flächiger Isolationsbezirk (42) angeordnet ist.

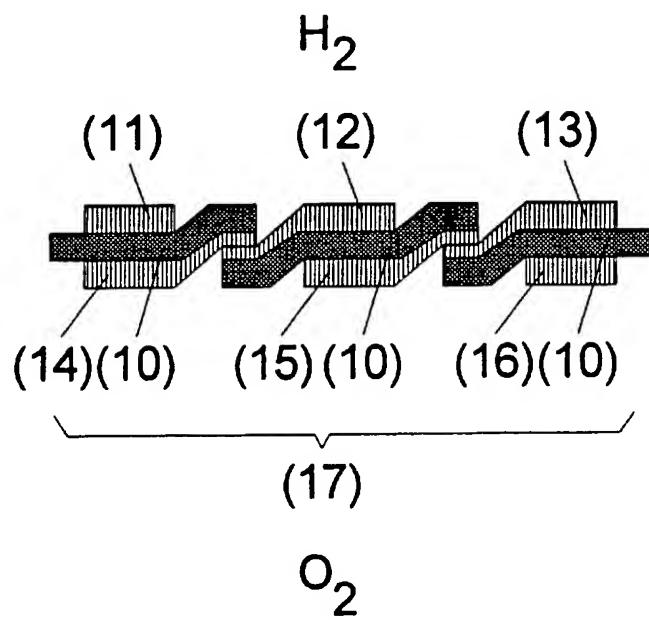
1 / 7

Figur 1



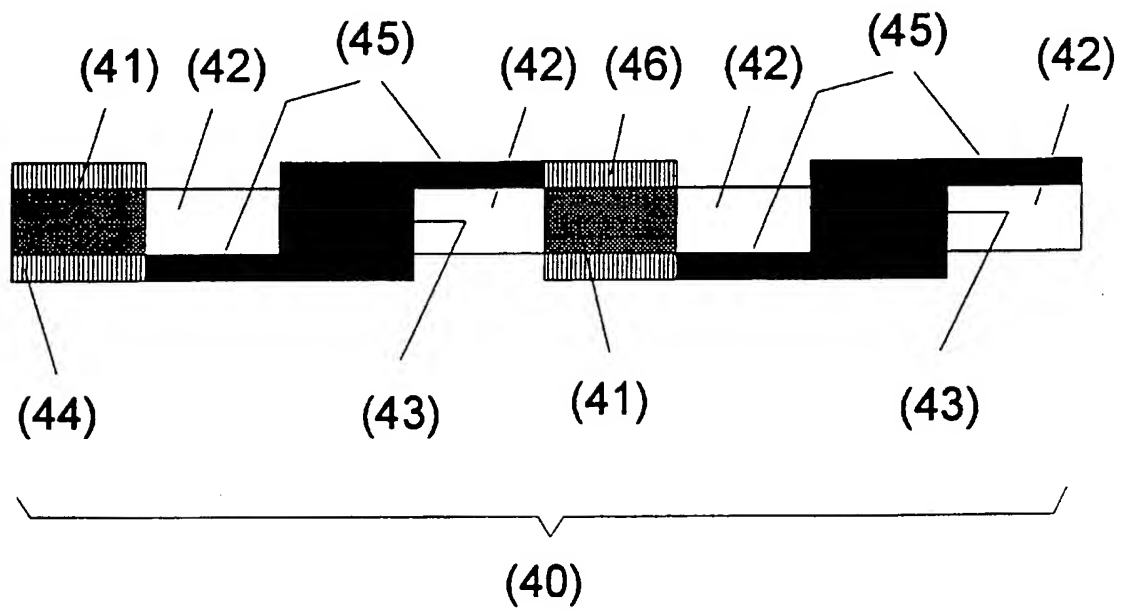
2 / 7

Figur 2

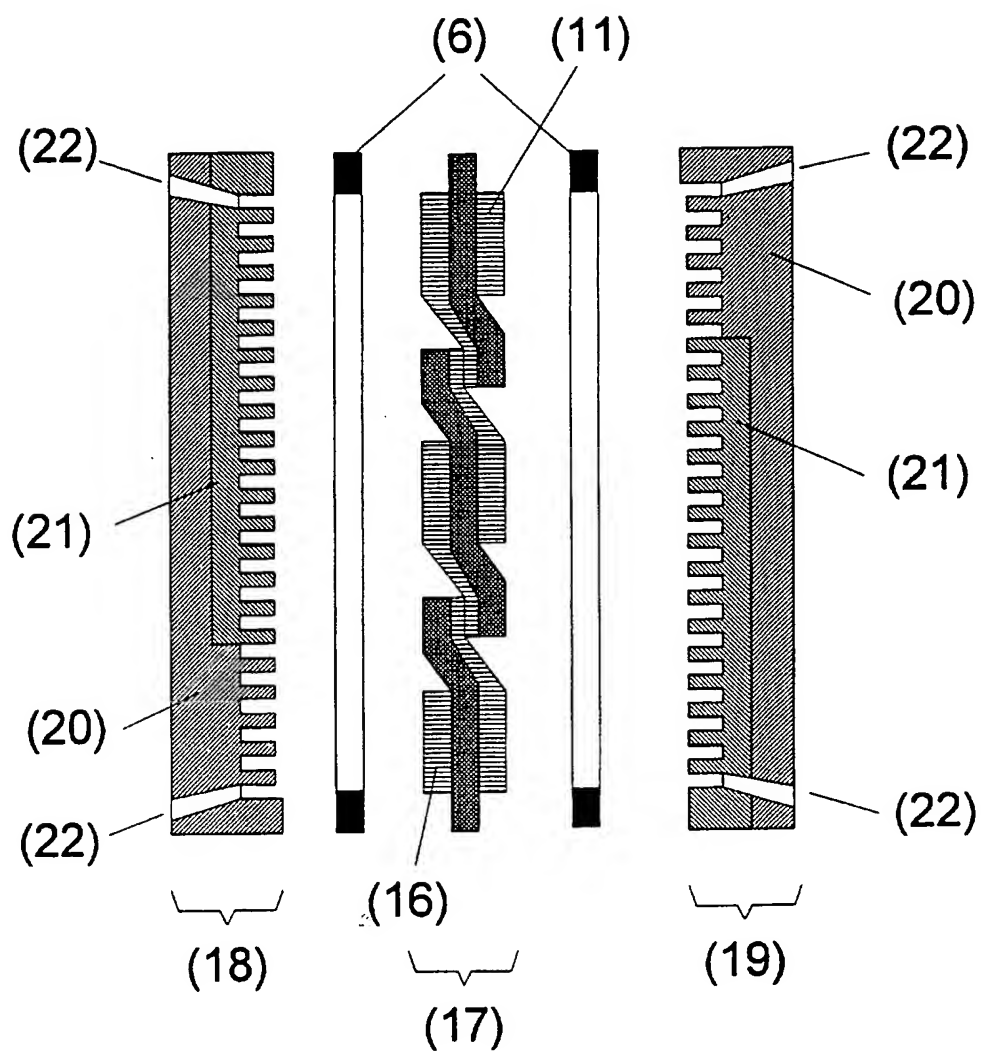


3 / 7

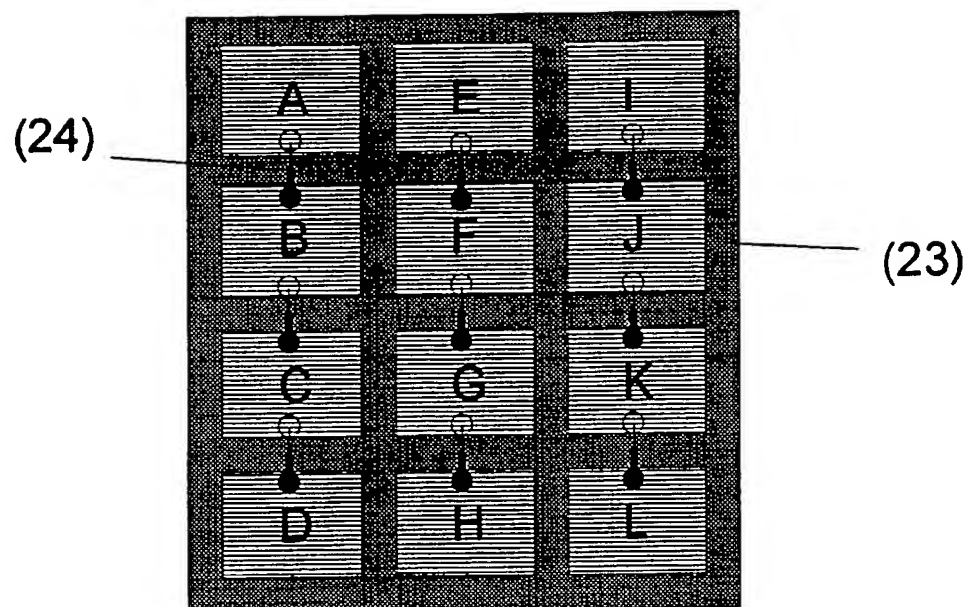
Figur 3



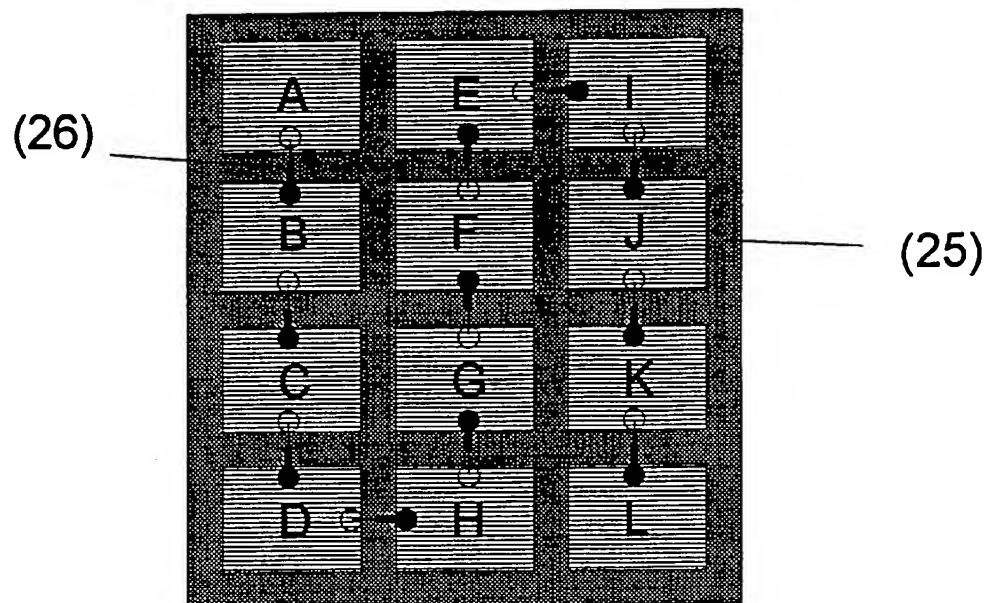
Figur 4



Figur 5

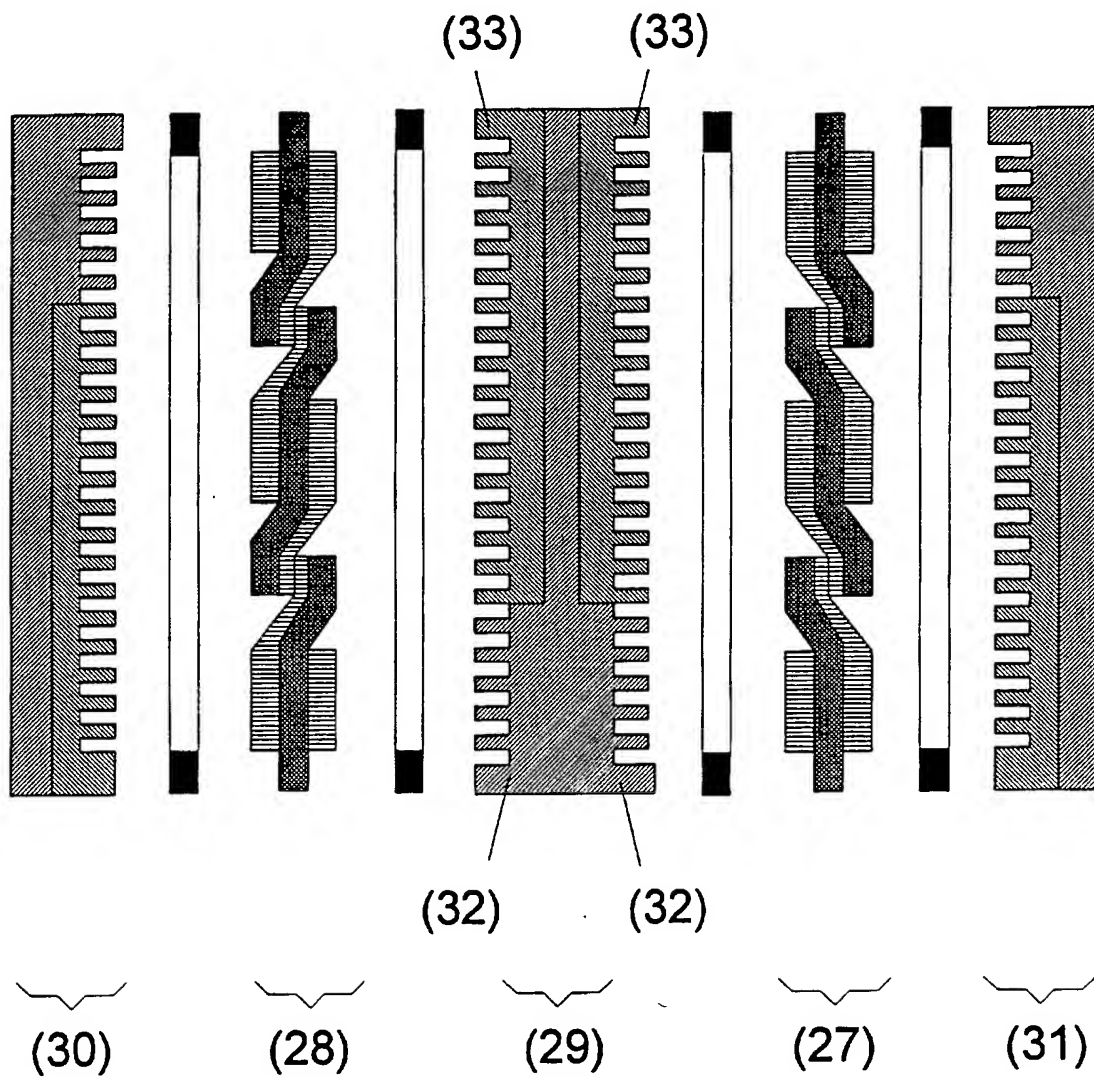


Figur 6



7 / 7

Figur 7





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int Application No  
PC 95/01751A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01M8/24 H01M8/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 198 483 (IVAC CORP) 22 October 1986 see page 8, line 14 - page 9, line 5; claims 9,11,13,14; figures 1,2,4,6	1,10-12, 19
Y	---	2,4,5,20
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016 no. 535 (E-1288) ,5 November 1992 & JP,A,04 206162 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 28 July 1992, see abstract	2,4
Y	---	4
	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017 no. 334 (E-1387) ,24 June 1993 & JP,A,05 041221 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 19 February 1993, see abstract	
	---	
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 March 1996

Date of mailing of the international search report

26.03.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

D'hondt, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

/DE 95/01751

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010 no. 306 (E-446) ,17 October 1986 & JP,A,61 121265 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 9 June 1986, see abstract; figure 4 ---	5
Y	FR,A,1 452 564 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 8 December 1966 see claims 1,6,7; figure 1 ---	20
A	WO,A,94 05051 (DODGE CLEVELAND E) 3 March 1994 see page 8, line 6 - page 11, line 8 see claims 52,53,56 see page 13, line 29 - page 14, line 9; figure 9 ---	
A	EP,A,0 482 783 (ICI PLC) 29 April 1992 ---	
A	DE,A,18 14 702 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 10 July 1969 ---	
P,X	GB,A,2 286 482 (UNIV COURT OF NAPIER UNIVERSITY) 16 August 1995 see page 9, line 13 - line 29; figure 3 see page 8, line 8 - line 10 ---	1,2,5, 10,17,19
P,Y	---	20-22
P,Y	DE,A,43 29 819 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 2 February 1995 see the whole document -----	20-22

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen

PC 95/01751

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H01M8/24 H01M8/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP,A,0 198 483 (IVAC CORP) 22.Oktober 1986  siehe Seite 8, Zeile 14 - Seite 9, Zeile 5; Ansprüche 9,11,13,14; Abbildungen 1,2,4,6	1,10-12, 19
Y	---	2,4,5,20
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016 no. 535 (E-1288) ,5.November 1992 & JP,A,04 206162 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 28.Juli 1992, siehe Zusammenfassung	2,4
Y	---	4
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017 no. 334 (E-1387) ,24.Juni 1993 & JP,A,05 041221 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 19.Februar 1993, siehe Zusammenfassung	
	---	
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
  - "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
  - "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
  - "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
  - "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
  - "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
  - "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
  - "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
  - "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  22.März 1996	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  26.03.96
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  D'hondt, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010 no. 306 (E-446) ,17.Oktober 1986 & JP,A,61 121265 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 9.Juni 1986, siehe Zusammenfassung; Abbildung 4 ---	5
Y	FR,A,1 452 564 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 8.Dezember 1966 siehe Ansprüche 1,6,7; Abbildung 1 ---	20
A	WO,A,94 05051 (DODGE CLEVELAND E) 3.März 1994 siehe Seite 8, Zeile 6 - Seite 11, Zeile 8 siehe Ansprüche 52,53,56 siehe Seite 13, Zeile 29 - Seite 14, Zeile 9; Abbildung 9 ---	
A	EP,A,0 482 783 (ICI PLC) 29.April 1992 ---	
A	DE,A,18 14 702 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 10.Juli 1969 ---	
P,X	GB,A,2 286 482 (UNIV COURT OF NAPIER UNIVERSIT) 16.August 1995 siehe Seite 9, Zeile 13 - Zeile 29; Abbildung 3 siehe Seite 8, Zeile 8 - Zeile 10 ---	1,2,5, 10,17,19
P,Y	---	20-22
P,Y	DE,A,43 29 819 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 2.Februar 1995 siehe das ganze Dokument -----	20-22

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**